

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-356724

(43)Date of publication of application : 26.12.2000

(51)Int.Cl.

G02B 6/22

C03C 13/04

G02B 6/44

(21)Application number : 2000-151546

(71)Applicant : LUCENT TECHNOL INC

(22)Date of filing : 23.05.2000

(72)Inventor : BROWN CHARLES S

(30)Priority

Priority number : 99 317360

Priority date : 24.05.1999

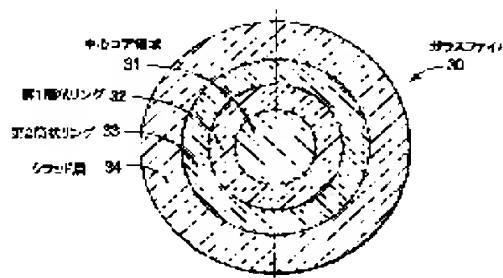
Priority country : US

(54) OPTICAL FIBER IN WHICH COLOR DISPERSION IS COMPENSATED

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To make an optical fiber so that its manufacturing is easy and a transmission loss is low and also the sensitivity with respect to bending is low and also so as to show a negative dispersion whose inclination is gentle in an erbium amplifier area.

SOLUTION: The optical fiber having color dispersion being equal to or smaller than $-0.8 \text{ ps}/(\text{nm}\cdot\text{km})$ in all wavelengths in the wavelength area of 1,530 to 1,565 nm is constituted of a center core area 31, a first ring shaped area 32 formed at surroundings of the area 31, a second ring shaped area 33 formed at the surroundings of the area 32, a clad layer 34 formed at surroundings of the area 33 and the refractive index of the core area 31 is n_1 and the refractive index of the first ring shaped area 32 is n_3 and its width is $4.5 \pm 105 \mu\text{m}$, the refractive index of the second ring shaped area 33 is n_4 and the refractive index of the clad layer 34 is n_2 and these refractive indexes satisfy $0.45 < (n_1 - n_2)/n_2 < 0.58$ and $-0.09 < (n_3 - n_2)/n_2 < -0.05$ and $0.20 < (n_4 - n_2)/n_2 < 0.28$.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-356724

(P2000-356724A)

(43) 公開日 平成12年12月26日 (2000. 12. 26)

(51) Int. Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード* (参考)
G 0 2 B 6/22		G 0 2 B 6/22	
C 0 3 C 13/04		C 0 3 C 13/04	
G 0 2 B 6/44	3 8 1	G 0 2 B 6/44	3 8 1

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号	特願2000-151546 (P2000-151546)	(71) 出願人	596077259 ルーセント テクノロジーズ インコーポ レイテッド Lucent Technologies Inc. アメリカ合衆国 07974 ニュージャージ ー、マレーヒル、マウンテン アベニュー 600-700
(22) 出願日	平成12年5月23日 (2000. 5. 23)	(74) 代理人	100081053 弁理士 三俣 弘文
(31) 優先権主張番号	0 9 / 3 1 7 3 6 0		
(32) 優先日	平成11年5月24日 (1999. 5. 24)		
(33) 優先権主張国	米国 (U S)		

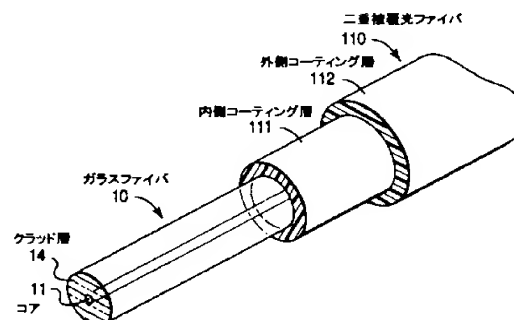
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 色分散を補償した光ファイバ

(57) 【要約】

【課題】 光ファイバは、製造が容易で、伝送損失が低く、かつ曲げの感受性が低く、そしてエルビウム増幅器領域において、傾斜のなだらかな負分散を示す。

【解決手段】 1530-1565 nmの波長領域内のすべての波長において、 $-0.8 \text{ ps}^2/(\text{nm} \cdot \text{km})$ 以下の色分散を有する光ファイバは、中心コア領域(31)と、その周囲に形成された第1環状領域(32)と、さらにその周囲に形成された第2環状領域(33)と、さらにその周囲に形成されたクラッド層(34)とからなり、コア領域(31)の屈折率は、 n_1 であり、第1環状領域(32)の屈折率は、 n_2 で、その幅は、 $4.5 \pm 1.05 \mu\text{m}$ であり、第2環状領域(33)の屈折率は、 n_4 であり、クラッド層(34)の屈折率は、 n_3 であり、 $0.45 < (n_1 - n_2)/n_2 < 0.58$ と、 $0.09 < (n_3 - n_4)/n_4 < 0.05$ と、 $0.20 < (n_4 - n_3)/n_4 < 0.28$ である。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 1530～1565nmの波長領域において、 $0.8\text{ps/(nm}\cdot\text{km)}$ 以下の色分散を有する光ファイバにおいて、前記光ファイバは、中心コア領域(31)と、その周囲に形成された第1筒状リング(32)と、さらにその周囲に形成された第2筒状リング(33)と、さらにその周囲に形成されたクラッド層(34)とからなり、

前記コア領域(31)の屈折率は、 n_1 であり、

前記第1筒状リング(32)の屈折率は、 n_2 であり、

前記第1筒状リング(32)の幅は、 $4.5 \pm 1.5\mu\text{m}$ であり、

前記第2筒状リング(33)の屈折率は、 n_3 であり、

前記クラッド層(34)の屈折率は、 n_4 であるとする、

$0.45 \leq (n_1 - n_2) / (n_1 + 1) \leq 0.58$ 、

$0.001 \leq (n_1 - n_2) / n_1 \leq 0.05$

$0.20 \leq (n_1 - n_2) / n_1 \leq 0.28$

の関係を成立することを特徴とする色分散を補償した光ファイバ、

【請求項2】 前記光ファイバは、1530～1565nmの波長領域にわたって、その分散傾斜が、 $0.05\text{ps/(nm}^2\cdot\text{km)}$ 以下であることを特徴とする請求項1記載の光ファイバ、

【請求項3】 波長領域1530～1565nmの波長領域にわたって、色分散は、 $3.0 \pm 1.7\text{ps/(nm}\cdot\text{km)}$ であることを特徴とする請求項1記載の光ファイバ、

【請求項4】 前記コア領域(31)は、ゲルマニウムをドーピングしたシリカ製材料を含むことを特徴とする請求項1記載の光ファイバ、

【請求項5】 前記第1筒状リング(32)は、フッ素をドーピングしたシリカ製材料を含むことを特徴とする請求項1記載の光ファイバ、

【請求項6】 第2筒状リング(33)は、ケルマニウムをドーピングしたシリカ材料製であることを特徴とする請求項1記載の光ファイバ、

【請求項7】 前記クラッド層(34)は、ドーピングしていないシリカ材料製であることを特徴とする請求項1記載の光ファイバ、

【請求項8】 シーバスシステム内に含まれるファイバは、フラスチウクシヤクト(601)を有し、これにより光ケーブル(600)を形成することを特徴とする請求項1記載の光ファイバ、

【請求項9】 前記中心コア領域(31)は、ゲルマニウムをドーピングしたシリカ製で、その外径が、 $2.7 \pm 1.0\mu\text{m}$ であり、前記第1筒状リング(32)は、フッ素をドーピングしたシリカ製で、その外径は、 $7.2 \pm 1.0\mu\text{m}$ で、前記第2筒状リング(33)は、ケルマニウムをドーピングしたシリカ製で、その外径は、 $9.0 \pm$

$1.0\mu\text{m}$ で、前記クラッド層(34)は、純粋シリカ製であることを特徴とする請求項1記載の光ファイバ、

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光ファイバに関し、特に分散補償型の光通信システムで用いられるのに適した光ファイバに関する。

【0002】

【従来の技術】光学伝送は、豊かなバンド幅が光ファイバで利用できるように、通信技術の寵児となっている。このような広いバンド幅により、何千もの通話および何百ものテレビチャンネルが高純度のガラス材料から形成された髪の毛の太さほどのファイバ上で伝送可能である。光ファイバの伝送容量は、WDMシステムで増加し、このシステムでは、別々の波長で動作する数本のチャンネルが1本の光ファイバに多重化される。しかしWDMシステムにおいては、チャンネル間の非線形相互作用、例えば4光子ミキシング現象がシステム容量を大幅に低下させている。この問題は、米国特許第5,327,516号の光ファイバにより解決され、この光ファイバでは、動作波長で少量の色分散を導入することにより非線形相互作用を低減している。

【0003】したがって、光ファイバが、各WDMチャンネルに対し、少量の色分散を与えることが望ましい。そして分散が存在することは、4光子ミキシング現象を最小にするためには好ましいことではあるが、異なる波長は光ファイバ内で異なる速度で伝播するために、パルスの拡散を引き起こすために、一方では好ましくない。幸いなことに、パルスの拡散は、分散補償技術により取り扱うことが可能で、正分散ファイバと負分散ファイバを交互に配置、接続することにより解決できる。通常50km以上の通信システムでは、分散補償は必要ないものである。

【0004】光ファイバを製造するのに用いられる、ガラス材料(純粋シリカ SiO_2)の品質の進歩がなされている。1970年には、光ファイバの許容可能な損失は、 20dB/km の範囲であったが、今日では損失は、 0.25dB/km 以下である。ガラス製ファイバの理論的最小損失は、約0.16dB/kmで、これは1550nmの波長で起きる。この波長領域での光学伝送が好ましいか、その理由は、この波長領域でエルビウムドーピングの光ファイバ増幅器が動作し、そしてその増幅器は最も利用されている光学増幅器である。このような増幅器においては、光ファイバ内のエルビウムイオンは、第1波長領域(980nm)のエールキーで「ポンプ」され、その後、第2波長領域(1530～1565nm)内にこの波長でエールキーを解放し、そこでエルビウムイオンは、第2波長領域内の光学信号により励起される。

【0005】市販可能な製品とするために、光ファイバ

の設計に様々な配慮が加えられている。一般的に伝送損失が低いのが好ましい。また過剰な損失なしに光ファイバを適度に曲げることか出来かつ所定の波長範囲で光ファイバの分散が既知かつ分散傾斜が比較的なだらかなシステム波長のシングルモード伝送に対し適切なカットオフ波長を光ファイバが有するのが好ましい。商品質のガラス材料が伝送損失を低くするために開発されているが、この商品質のガラスは、現在の光ファイバの好ましい特徴のすべてを満足できるものではない。

【0006】多くの好ましい特徴は、光ファイバの屈折率プロファイルにより解決する必要があるが、この光ファイバは、光ファイバの中心部からの距離に応じて屈折率をいかに変化させるかを記述するものである。屈折率プロファイルを記述するパラメータは、最外殻の層の屈折率を基準にしている。理想的な屈折率プロファイルのモデルは、軸を中心にした異なる屈折率層のリングを含む。しかし、これらのリングのサイズと形状は、光ファイバの複数の特性に影響を与えるか(例えば、分散傾斜は低減するか伝送損失は増加する)。所望の特性のすべてを与えることから、かつ容易に製造可能な屈折率プロファイルを提供することが重要な設計の課題である。

【0007】例えば、米国特許第5,878,118号は、エルビウム増強器領域で、なだらかな傾斜を有する正分散ファイバと負分散ファイバのデザインを開示している。これらのデザインは、所望の結果を達成するのに有効であるが、同特許の図3に示された負分散のファイバの製造許容誤差は、理想的なものよりもはるかに厳しいものである。

【0008】エルビウム増強器領域にわたって、低分散傾斜を与える別の光ファイバは、エーサーに類似した屈折率プロファイルを有し、これは、0.95 Technical Digest, vol. 28, no. 2, 60にある文献 "Dispersion-shifted single-mode fiber for high bit rate and multivavelength systems" に示されている。このデザインは、低屈折率材料のコアを包囲する高屈折率材料のリングを有する。しかし、このような屈折率プロファイルは、伝送損失が高かつ曲げの感受性が高くなる。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的とする光ファイバは、製造が容易で、伝送損失が低く、かつ曲げの感受性が低く、そしてエルビウム増強器領域において、傾斜のなだらかな負分散を示す。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明の光ファイバは、中央のコア領域と、外側クラッド層との間に、屈折率を制御した材料の2つの筒状リングを含む屈折率プロファイルを有する。第1の筒状リングは、中央コア領域に隣接し、クラッド層の屈折率よりも低い屈折率を有する。

第2筒状リングは、クラッド層に隣接し、コア層の屈折率よりも高い屈折率を有する。特に、コアの公称屈折率を n_1 、クラッド層の公称屈折率を n_2 、第1筒状リングの公称屈折率を n_3 、第2筒状リングの公称屈折率を n_4 とする、この屈折率プロファイルは、次の通りとなる。

中央コア領域： $r \leq 0.45 \cdot (n_1 - n_2) / (n_2 - 1)$ 、 n_1 より8%

第1筒状リング： $r \in 0.45 \cdot (n_1 - n_2) / (n_2 - 1), n_3 < n_1$ 、0.5%

第2筒状リング： $r \in 0.5, 2.0 \cdot (n_4 - n_2) / (n_2 - 1)$ 、0.8%

さらにまた、第1筒状リングの幅は、 $4.5 \cdot 10^{-5} n$ mである。

【0011】第1筒状リングを幅広いか、低い低屈折率材料に押し出しとして形成することにより、エルビウム増強器領域の低傾斜の負分散ファイバが容易に製造できることがわかった。

【0012】本発明の他の実施例においては、光ファイバは、 $n_1 = 1.48 \text{ ps}^2 / (\text{nm}^2 \cdot \text{km})$ よりもより寛(さらに小さい)で、好ましいは、 $n_1 = 0.3 + 1.7 \text{ ps}^2 / (\text{nm}^2 \cdot \text{km})$ の分散で、傾斜は、波長領域1.530-1.565 nmの範囲で、 $0.05 \text{ ps}^2 / (\text{nm}^2 \cdot \text{km})$ 以下である。第1筒状リングは、屈折率を低下させるために、コア素を押し出ししている。

【0013】本発明の負分散ファイバは、分散補償を行ったその全長が50 km以上のWDMシステムで用いられる。本発明の光ファイバの平均伝送損失は、1.5-5.0 dB/mで、約0.2-0.4 dB/kmで、5.0 nm以上の有効領域を有し、曲げ損失に、比較的敏感なインテグレイションを有する。

【0014】

【発明の実施の形態】背景

様々なメカニズムが、光ファイバのコア幅を制限している。マルチモードファイバにおいては、例えば、光ファイバのコアから入った光のパルスが、光ファイバの他端から出る際に拡散されるいわゆるモード分散がある。この原因は、マルチモードファイバは、特定の波長の数倍もの異なるモード(パス)をサポートしているからである。この異なるモードが、光ファイバの他端で組み合わされると、パルスの拡散(分散)が生じ、これは好ましくない。本明細書において、分散とは、色すなわち経形分散を意味する。従来、分散の符号は、短波長放射が長波長放射よりも速度が速く正と見なされていた。

【0015】特定の波長の基本モード(1,1₁)のみをサポートするよう設計されている光ファイバがある。このようなファイバをシングルモードと称する。シングルモードファイバのコア幅は、マルチモードファイバよりもはるかに狭く、それに見合った、より速い速度で光学信号を送信している。しかし、シングルモードファイバ

は、 LP_{11} のカットオフ波長以下の短い波長に対しては、マルチモードファイバのように動作する。このカットオフ波長は、コアの半径(a)と屈折率(n)とコアと屈折率の差(Δ)で決まる。事実、 Δ と a が減ると、さらに少ないモードが伝播し、最後には1つのモードのみが、 LP_{11} のカットオフ波長よりも長い波長で伝播する。したがって、 LP_{11} のカットオフ波長は伝送される波長よりも短い必要がある。

【0016】光ファイバを製造するに際し、ガラス製のプリフォームから、垂直方向に吊され、速度を制御しながらの中心に移動される。このプリフォームは、炉内で軟化し、ガラス製ファイバの引き抜きタワの円筒側にあるキャブスタにより、プリフォームの上部の溶融端部から引き抜かれる(引き抜かれた光ファイバの直径は、プリフォームの上部の数千分の1の大きさであるが、しかし同じ屈折率プロファイルを有する)。

【0017】ガラス製ファイバの表面は、摩耗、腐食により引き起こされる損傷に耐性的ために、引き抜いた後、汚染物にさらされたり、摩耗、擦り傷等にさらされる前に、光ファイバをコーティングする必要がある。コーティング材料を塗布することにより、ガラス表面に損傷を与えてはならず、そしてコーティング材料は、液体状態で塗布される。いったんコーティング材料が塗布されると、コーティング材料は、光ファイバがキャブスタに到達する前に固まらなければならない。硬化により、はんだの短い時間でこれを行わなければならない。光硬化とは、電磁放射に曝すことにより、液体のコーティング材料を固体に変換するプロセスである。

【0018】図1は、本発明に適した構造を有する二重被覆光ファイバ100を示す。図1に示すように、二重のコーティング層が光ファイバ100に形成されており、この光ファイバ100は、コア11とクラッド層12を含む。光ファイバ100の直径は、 $125\mu\text{m}$ である。第1コーティング材料層と称する内側のコーティング層111が、光ファイバ100に形成され、第2コーティング材料層と称する外側のコーティング層112が、この内側のコーティング層111の上に形成される。第2コーティング材料は、荒っぽい取り扱いに耐える高い剛性(100Pa)を有し、一方、第1コーティング材料は、マイクロバンプの損傷を低下させるためのクラッドを有する、比較的低い剛性(10Pa)を有する。第1コーティング材料が濡れた状態にあるときに、第2コーティング材料が塗布され、その後、この両方のコーティング層が電磁波の紫外線領域の放射により、同時に固化する。

【0019】図2は、従来の光ファイバの色分散を示し、特に、分散を平坦化した特性23が材料の組み合わせと導波分散素子により、材料分散と導波路分散の組み合わせにより、いかに形成されるかを示している(分散平坦化ファイバとは、例えば1400nmと1700nm

の2つの波長において、ゼロ分散を示す)。ここで、材料分散とは、光ファイバを製造する際に用いられる実際の材料中に存在するものであり、材料分散21は、シリカガラスのものである。一方、導波路分散22は、屈折率プロファイルの関数である。材料分散とは異なり、導波路分散は、設計者によって限られた範囲で作り出すことが出来る。この屈折率プロファイルは、色分散が、1400nmと1700nmの範囲の広い波長領域にわたって、低減できるような分散平坦化ファイバの設計に用いられる。

【0020】図3Aは、複数の中心コア領域31、クラッド層34を有する、コアリングしていない状態の第2筒状リング33の断面図を示す。各層は、光ファイバの導波路分散を修正するために、異なる屈折率を有する。図3B、Cは、屈折率の変化が、層の間で急激に行われていることを示しているが、これは必ずしも必要ではない。屈折率が徐々に変化することは、グレーディエーション、タングステン、として知られ、より一般的である。しかし、本発明の理解を容易にするために、その変化を急に示している。本発明は、グレーディエーション、タングステン、にも適用できるものである。

【0021】光ファイバ30は、屈折率 n_1 の中心コア領域31を有する。この中心コア領域31は、屈折率 n_2 の第1筒状リング32により包囲され、さらに、屈折率 n_3 である第2筒状リング33により包囲されている。屈折率 n_4 のクラッド層34が、第2筒状リング33を包囲している。図3Aは、必ずしもスケールとおり描いていない(実際には、クラッド層34の直径は $35\mu\text{m}$ であり、一方、中心コア領域31の直径は、 $8\mu\text{m}$ である)。

【0022】屈折率の実際の値を用いて、屈折率インデックスプロファイルをグラフ化せずに、正規化した屈折率 Δ_1 、 Δ_2 、 Δ_3 を用いてプロファイルを示している。これらの定義は次の通りである。

$$\Delta_1 = (n_1 - n_2) / n_2 \times 100\%$$

$$\Delta_2 = (n_2 - n_3) / n_3 \times 100\%$$

$$\Delta_3 = (n_3 - n_4) / n_4 \times 100\%$$

【0023】図3Bは、シリウム増幅器領域内で、緩やかな傾斜を有する負分散のファイバの、公知の屈折率インデックスプロファイル(特許第5878182号を参照のこと)を示している。このファイバの第1筒状リングの外径は、 b_1 で、内径は、 b_2 である。このリングの実際の幅($b_1 - b_2$)は、わずか1、 $8\mu\text{m}$ であり、製造の許容差の観点からすると、きわめてタイトである。本発明により図3Cに示す、屈折率プロファイルを用いて、大幅な改善がなされ、これによりシリウム増幅器領域において、なだらかな傾斜を有し、かつ低曲率損失の負分散ファイバが製造できる。これらのファイバの品質は、次の範囲の値の Δ_1 、 Δ_2 、 Δ_3 にわたって得られた。

0.15 < Δ_1 < 0.58

0.09 < Δ_2 < 0.05

0.20 < Δ_3 < 0.28

さらにまた、第2筒状リングの外径は、 c_2 で、内径は、 c_3 で、その結果、このリングの幅($c_2 - c_3$)は、 $4.5 \pm 1.5 \mu\text{m}$ である。

【0024】本発明の一実施例においては、 $\Delta_1 = 0.52$ 、 $\Delta_2 = -0.08$ 、 $\Delta_3 = 0.24$ である。また、様々な層の半径は、 $c_1 = 2.7 \mu\text{m}$ 、 $c_2 = 7.2 \mu\text{m}$ 、 $c_3 = 9.0 \mu\text{m}$ である。図3に示された屈折率プロファイルは、ゲルマニウムをドーピングしたシリカコアと、フッ素をドーピングした第1筒状リングと、ゲルマニウムをドーピングした第2筒状リングと、純粋なシリカ製の

外側クラッド層を含む。コアとクラッド層は、必ずしもこのような方法で構成する必要はない。その理由は、本発明の利点があるように、屈折率の相対的な差があればよいからである。例えば、コアは純粋シリカから形成し、筒状リングとクラッド層はフッ素をドーピングした、異なる屈折率を有するようにしてもよい。

【0025】本発明に使用するのに適した、光ファイバの仕様の表を次に示す。しかしこれは、受け入れ可能な光ファイバの全体の範囲を示すものではない。単に本発明の一実施例にすぎない。

1550 nmにおける減衰率	0.21 dB/km (平均)
モードフィールド径	$8.4 \pm 0.6 \mu\text{m}$ (1550 nm)
コアの非同心性	$\pm 0.8 \mu\text{m}$
クラッド層の直径	$12.5 \pm 1.0 \mu\text{m}$
カットオフ波長	$< 1450 \text{ nm}$ (2m 基準長さ)
分散	$-3.0 \pm 1.7 \text{ ps}^2/(\text{nm} \cdot \text{km})$ (1530 ~ 1565 nm)
分散傾斜	$< 0.05 \text{ ps}^3/(\text{nm}^2 \cdot \text{km})$ (平均)
マイクロベンディング	$< 0.5 \text{ dB at } 1550 \text{ nm}$ (1 turn, 32 mm)
	$< 0.1 \text{ dB at } 1550 \text{ nm}$ (100 turn, 75 mm)
コア/クラッド層直径	$25.0 \pm 1.0 \mu\text{m}$
引っ張り試験	200 kpsi

【0026】本発明の光ファイバの製造手順は、当業者に容易に理解できるところである。プリフォームは、モノリシックあるいは化合物でもよい。コア領域は、MOCVDまたは、アウトサイトヘッチ堆積、または垂直軸方向堆積等のスタートケミストリーを用いたプロセスの1つにより形成される。公知の手順(例えばクラッド層用、オーバークラッド層用、コーティング用、ケーブル用等)は、ファイバの設計には影響されない。

【0027】図4は、本発明の光ファイバの色分散特性43を示す。特に、(i)に低い分散傾斜が、材料分散成分41と導波路分散成分42のそれぞれを組み合わせることにより達成されるかを示す。分散平坦化ファイバ用の図2の導波路分散カーブ42は、負の傾斜を示し、導波路分散は、第2分散カール(1700 nmの時に)と、平坦な全体分散カーブ43を生成するために、長波長で導波路分散は、急速に増加する。しかし、このような平坦化は、基本モードが有効カットオフに向かってスタートするときに引き起こされ、そしてこれが好ましくない高曲げ損失につながる。

【0028】図5は、図3に示した屈折率プロファイルを有する、正分散ファイバ43-1と負分散ファイバ43-2の色分散を示す。これらの各光ファイバは、1550 nmにおいて、平均損失は、0.21 dB/km以下であり、有効領域は、 $50 \mu\text{m}^2$ 以上であり、エルビウムドーピングファイバ増幅器が機能する波長領域(1530 ~ 1565 nm)において、絶対振幅は、0.8 ps/(nm·km)である。さらに重要なことは、これらの各光ファイバは、1550 nmにおいて、0.05 ps/(nm²·km)以下の分散傾斜を有する。これらの特性は、WDM信号の伝送で使用される理想的なファイバ43-1、43-2であり、そしてエルビウム増幅器領域における低損失と低分散が望ましい。これに対し、シフトしていないシリカ製のファイバは、1310 nmで、分散カールポイントを有し、1550 nmで、 $-17 \text{ ps}^2/(\text{nm} \cdot \text{km})$ の分散と、1550 nmにおいて、0.95 ps/(nm²·km)の分散傾斜を有する。

【0029】図6は、本発明の実際の光ファイバの構造

図である。光学ケーブル600は、ヤーン・バイнда606により緩やかに巻かれた、光ファイバの束のバンドルを含む。一方のバンドルは、正分散ファイバ300-1で、他方のバンドルは、負分散ファイバ300-2であり、これは特許第5611016号に記載されたとおりである。正分散ファイバと負分散ファイバを別々のグループ、あるいは束に分離するのが好ましい。これは必ずしも本発明を実施する上で必要なことではない。これらのバンドルは、管状包囲部材605内に配置され、この管状包囲部材605は、塩化ポリビニル（PVC）のような誘電体材料から形成される。【0030】管状包囲部材605は、ブラスト・ソケット100と、補強部材602と、補強部材603とから形成される。ブラスト・ソケット100は、ポリエチレン材料から形成され、補強部材602は、繊維またはエポキシ充填材の製ファイバから形成される。補強部材603を用いて、取り扱い時あるいは通常の使用時の間、光ファイバにかかる応力を低減もしくは取り除き、これは公知の方法で光学ケーブル600内に含まれる。ソケット100は、kevlarの繊維で、601ヤーン・バイ、606を取り除くのを容易にする。充填材料が管状包囲部材605内に配置され、光ファイバに対するクラッキングを防ぎ、それにより、光ファイバをマイクロバンプ・クラックから保護している。

【0031】図7は、本発明のWDMシステム700を示す。このWDMシステム700は、1550nmの所定の波長を4個の異なるコア・コア・コア信号をもって変調する4個の送信器71、74からなる。この変調波長をその後、カプラ75を介して結合して、光ファイバ伝送ライン300-1、300-2に導入する。この正分散ファイバ300-1、負分散ファイバ300-2は、好ましくはエルビウムドープファイバ増幅器である光学増幅器710を有する。図7の実施例においては、正分散ファイバ300-1は、所定の長さの本発明による正分散ファイバを有し、一方、負分散ファイバ300-2は所定の長さの本発明による負分散ファイバを有する。受信端において、4個のチャネルが、それぞれの波長にしたがって、ディマルチプレクサ85により分離され、受信器81-84により処理され、個々のコア・コア・コア信号を抽出する。

【0032】本発明の変形例としては、屈折率プロファイルが、隣接する層の間で、徐々にステップ状に変化するもの（例えば、グレーデッドインデックスプロファイル）と、層の幅の幅、および層の厚さの幅の幅を達成するための異なるドーピング材料に使用、および光ファイバを製造する際の、コア領域の中心部にある、屈折率を下げることは、光ファイバを製造する際の製造プロセスにより、コア領域の中心部にある、

さらにまた、図3では、理想的なプロファイルであり、本発明は、隣接するリング間の徐々に変化するような屈折率プロファイルも含む。

【図面の簡単な説明】

【図1】二つの保護コーティング層を有する従来の光ファイバの斜視図。

【図2】材料分散成分と導波路分散成分を示す分散平坦化ファイバの波長と色分散との関係を表すグラフ。

【図3】（A）異なる屈折率を有する材料からなる数層を示すコーティングしていない光ファイバの断面図。

（B）従来の光ファイバの屈折率プロファイルを表す図。

（C）本発明の光ファイバの屈折率プロファイルを表す図。

【図4】材料分散成分と導波路分散成分を示す、本発明の光ファイバの波長と色分散との関係を表すグラフ。

【図5】エルビウム増幅領域内の、本発明の光ファイバの色分散を示すグラフ。

【図6】本発明の光ファイバを含むケーブルの斜視図。

【図7】エルビウムドープの光ファイバと、正分散ファイバと負分散ファイバを含む、伝送媒体上で動作する4チャネルのWDMシステムを表す図。

【符号の説明】

100 ガラスファイバ

101 コア

102 クラッド層

300 ガラスファイバ

300-1 正分散ファイバ

300-2 負分散ファイバ

301 コア領域

302 第一筒状リング

303 第二筒状リング

304 クラッド層

71-74 送信器

75 カプラ

81-84 受信器

85 ディマルチプレクサ

110 多重被覆光ファイバ

111 内側コーティング層

112 外側コーティング層

600 光学ケーブル

601 ブラスト・ソケット

602 補強部材

603 吸水カーブ

604 ソケット

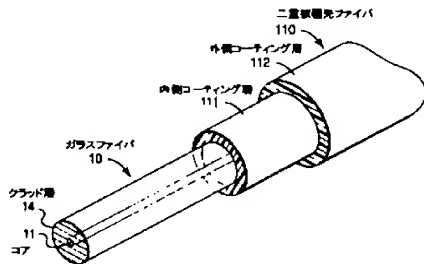
605 管状包囲部材

606 ヤーン・バイнда

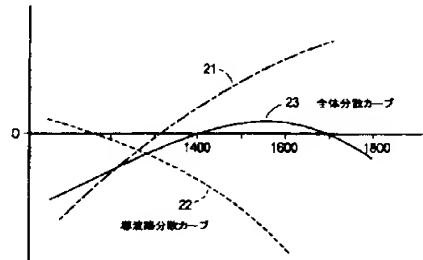
700 WDMシステム

710 光学増幅器

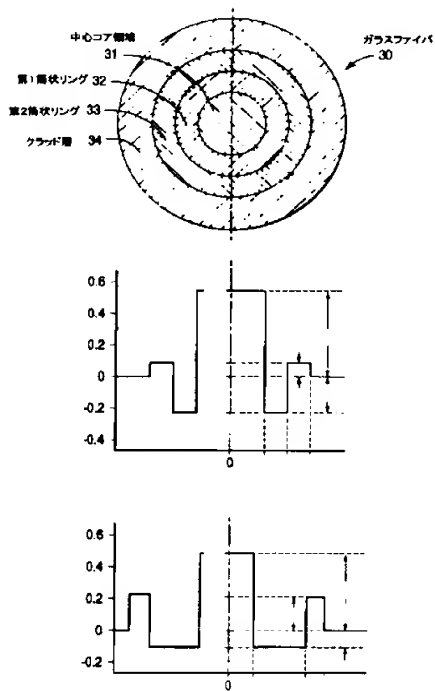
【図1】



【図2】

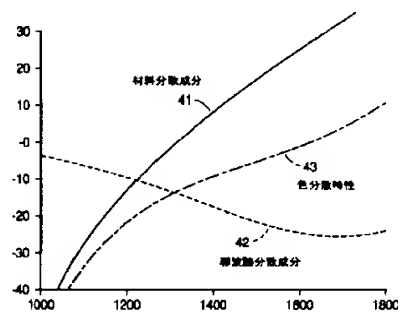


【図3】



【図4】

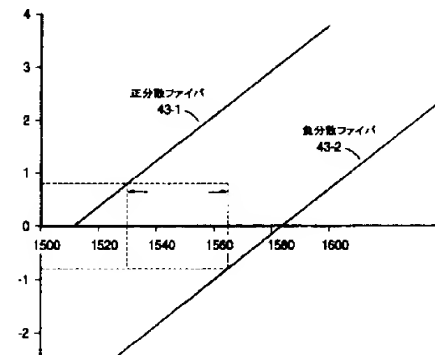
A



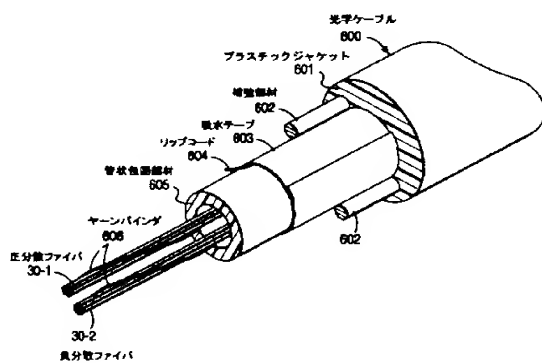
B

【図5】

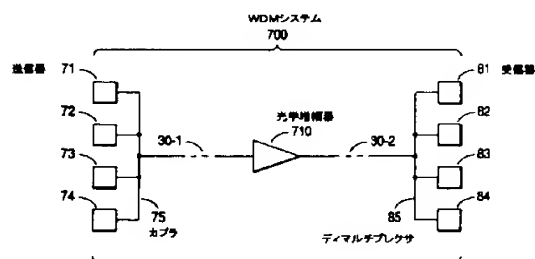
C



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(71)出願人、 596077259

600 Mountain Avenue,
Murray Hill, New Je
rsey 07974-0636 U. S. A.

(72)発明者

チャールズ エス ブラウン
アメリカ合衆国、30038 ジョージア、リ
ソニア、ニューキャッスル サークル
4425